

# radionuklide

# Die Schatzinsel des Universums

Die Karlsruher Nuklidkarte – ein interdisziplinäres Arbeitsinstrument

Dr. Joseph Magill<sup>1</sup>, Gerda Pfennig<sup>2</sup>, Raymond Dreher<sup>1</sup>, Dr. Zsolt Solti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nucleonica GmbH, Eggenstein-Leopoldshafen

<sup>2</sup> Institut für Transurane (ITU), Karlsruhe

**KARLSRUHER NUKLIDKARTE**  
CHART OF THE NUCLIDES  
CARTE DES NUCLÉIDES  
THE KARLSRUHER NUKLIDKARTE  
THE KARLSRUHER NUKLIDKARTE  
J. Magill, G. Pfennig, J. Galy  
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)  
Karlsruhe, Germany  
© 2009

Der Karlsruher Nuklid-Teppich (ca. 1,3 m x 8 m) bei der Ausstellung  
zum Internationalen Jahr der Astronomie 2009 in Paris





Wie alt ist die Mumie von Ötzi, wie kann ein Gehirntumor erfolgreich bekämpft werden, welche Strahlenbelastung herrscht im Umkreis von Fukushima und wie lange hält sie an? Um diese und ähnliche Fragen beantworten zu können, braucht man zuverlässige nukleare Daten. Bei der Recherche nach diesen Daten wird man schnell auf die Karlsruher Nuklidkarte stoßen, die seit nunmehr über 50 Jahren die entsprechenden Informationen liefert.

Elemente – Isotope – Nuklide

Wir alle erinnern uns an die Karte des Periodensystems der Elemente, die im Chemie- und Physikraum unserer Schulen vermutlich immer noch an der Wand hängt. Das Periodensystem stellt jedoch nur einen Teil aller Informationen dar, die man heute zu den Elementen hat. So gibt das Periodensystem beispielsweise keinen Aufschluss über die radioaktiven Eigenschaften der Elemente und die Strukturen ihrer Atomkerne.

Die Atomkerne eines Elements bestehen aus Protonen und Neutronen, wobei die Neutronenanzahl variieren kann. Die Atome mit ihrer unterschiedlichen Neutronenanzahl nennt man Isotope eines Elements. Ein Isotop wird durch den Namen des Elements, zum Beispiel Jod (chemisches Symbol I), und die gesamte Anzahl von Protonen und Neutronen im Atomkern charakterisiert. Das stabile Isotop von Jod hat 53 Protonen und 74 Neutronen und heißt somit Jod-127 bzw. I-127. Alle anderen Isotope von Jod sind jedoch instabil, d.h. radioaktiv. Sie zerfallen durch die Emission von hochenergetischer Alpha-, Beta- und Gammastrahlung. So war z.B. im Zusammenhang mit den Reaktorunfällen von Fukushima in den letzten Wochen oft die Rede von Jod-131. Dieses radioaktive Isotop wird bei der Spaltung von Uranatomkernen in Kernkraftwerken erzeugt. Jod-131 hat 53 Protonen und 78 Neutronen. Die Anzahl seiner Atome halbiert sich innerhalb von 8 Tagen, d.h. die Halbwertszeit von Jod-131 beträgt 8 Tage.

Darstellung der Nuklide

Während man in Bezug auf ein einziges Element von Isotopen spricht, so lautet der Überbegriff für Atome mit unterschiedlicher

Protonen- und Neutronenanzahl Nuklide. Insgesamt sind heute mehr als 3000 Nuklide bekannt. Eine Nuklidkarte zeigt alle diese Nuklide in einer übersichtlichen grafischen Darstellung. Dabei wird jedes Nuklid in einem eigenen Feld mit Elementnamen, Massenzahl und seinen wichtigsten Eigenschaften in einem zweidimensionalen Koordinatensystem für Protonen- und Neutronenanzahl abgebildet. In ihrer Gesamtformation ähnelt die Darstellung dem Bild einer Insel (siehe Abb. 1).

Das Periodensystem der Elemente erlaubt mit der Anordnung der Hüllenelektronen in definierten Schalen eine Zuordnung der Elemente in bestimmte Gruppen und damit eine Vorhersage von chemischen Eigenschaften. Die Eigenschaften der Nuklide werden jedoch vom Aufbau der Atomkerne bestimmt. Somit kann die Nuklidkarte auch zwischen den Isotopen eines Elementes differenzieren.

Die Karlsruher Nuklidkarte

Die bekannteste Nuklidkarte, die den aktuellen Stand der Wissenschaft wiedergibt, kommt aus Karlsruhe. Die Karlsruher Nuklidkarte zeigt genaue und strukturierte Daten zu den Halbwertszeiten und Zerfallsarten der Radionuklide und den Energien der von ihnen ausgehenden Strahlung. Jedem Nuklid ist ein Kästchen mit den entsprechenden Informationen zugeordnet (Abb. 2). Die unterschiedlichen Farben der Kästchen markieren dabei die jeweilige Zerfallsart. Die Farbe Gelb kennzeichnet den Alphazerfall, den Zerfall von Beta- bzw. Beta+ geben die Farben Blau und Rot an. Grün markiert hingegen die Spontanspaltung (sf). Schwarze Kästchen bezeichnen stabile Nuklide.

Von der Karlsruher Nuklidkarte profitieren die unterschiedlichsten wissenschaftlichen Disziplinen. Um das Alter von Objekten mithilfe der C14-Datierung zu bestimmen, benötigen Archäologen genaueste Halbwertszeiten, die ihnen die Karte angibt. In der Strahlenmedizin werden Radionuklide eingesetzt, um Krebszellen zu bekämpfen. Die Mediziner brauchen dazu Informationen über die Energie von Alpha- und Betateilchen sowie Gamma-Photonen, die beim radioaktiven Zerfall emittiert werden.

Physiker brauchen ähnliche Informationen, um die Zerfallswärme der Reaktoren in Fukushima zu berechnen. Die Karlsruher Nuklidkarte ist ein unentbehrliches interdisziplinäres Arbeitsinstrument, weil sie einen schnellen Überblick über die Eigenschaften der durch Kernreaktionen oder Kernspaltung erzeugten Radionuklide und ihrer Zerfallsprodukte ermöglicht. Dass die Isobaren (Nuklide mit gleicher Massenzahl) der Masse 5 (Abb. 2) extrem instabil sind, erklärt Kosmologen, warum in den ersten Minuten des Urknalls kaum schwerere Nuklide entstanden; das Isobar 5 ist ein Flaschenhals der Neutroneneinfangreaktionen.

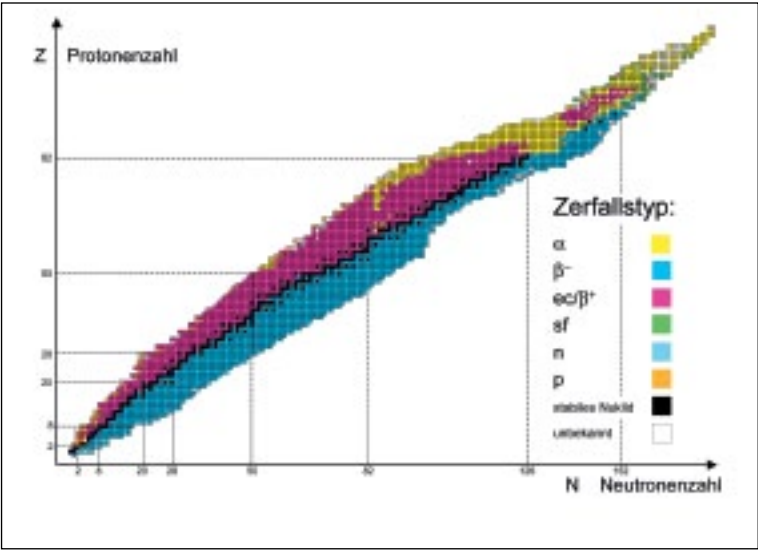


Abb.1 Typische Anordnung einer Nuklidkarte (Beispiel Karlsruher Nuklidkarte)



# radionuklide



## **Der Vela Supernova-Überrest**

Dieser 6.500 Lichtjahre von der Erde entfernte Nebel ist der Überrest einer Supernova, die vor ungefähr 10.000 Jahren explodierte. Nur wenige Nuklide sind nach derzeitiger Erkenntnis bei der Entstehung des Universums erzeugt worden: Sie entstehen laufend in Sternen und Supernova-Explosionen (Nukleosynthese). Primordiale Nuklide nennt man diejenigen Radionuklide darunter, die aufgrund ihrer langen Halbwertszeiten noch heute in und auf der Erde vorhanden und nachweisbar sind (z.B. das auch im menschlichen Körper stets enthaltene Kalium-40).

*Foto: © Anglo-Australian Observatory, photo from UK Schmidt, plates by David Malin*





**Abb.2** Kästchenstruktur der Karlsruher Nuklidkarte

### Die Geschichte der Karlsruher Nuklidkarte

Der Impuls zur Entwicklung der Karlsruher Nuklidkarte kam 1956 aus einem Kurs zu radiochemischen Isotopen von Professor Walter Seelmann-Eggebert, Lehrstuhlinhaber der Radiochemie an der Technischen Hochschule Karlsruhe. Seelmann-Eggebert, damals auch Leiter des Radiochemischen Instituts der Kernreaktor Bau- und Betriebsgesellschaft – dem heutigen Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – gab 1958 zusammen mit Gerda Pfennig die erste gedruckte Karlsruher Nuklidkarte heraus (Abb. 3). Gerda Pfennig, damals am Institut für Radiochemie beschäftigt, arbeitet seit der ersten Auflage von 1958 bis heute an der Weiterentwicklung der Karte.

In den folgenden Jahrzehnten wurde die Karlsruher Nuklidkarte, die von Anfang an auf großes Interesse stieß, mehrfach aufgelegt und mithilfe weiterer Autoren (H. Münzel und H. Klewe-Nebenius) überarbeitet. Die aktuelle 7. Auflage stammt aus dem Jahr 2006 (Autoren: J. Magill, G. Pfennig, J. Galy). Federführend war hier die Europäische Kommission mit ihrem Institut für Transurane in Karlsruhe.



**Abb. 3** Die erste Auflage der Karlsruher Nuklidkarte aus dem Jahr 1958



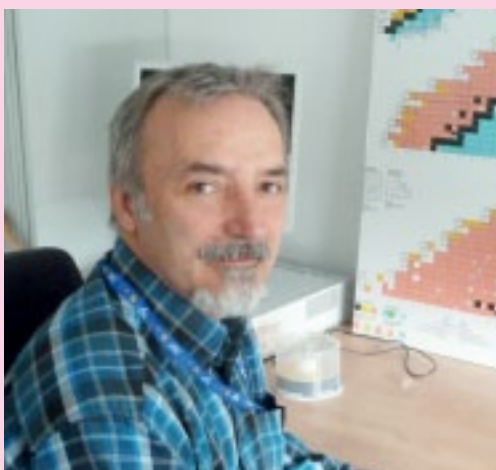
**Joseph Magill** studierte Physik an der Universität Strathclyde in Schottland und promovierte 1975 an der Universität von Glasgow. Nach der Promotion wechselte er zum Institut für Transurane in Karlsruhe, ein Institut der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission. Magill veröffentlichte mehrere nuklearwissenschaftliche Bücher, über 150 wissenschaftliche Beiträge und Patente. Im März 2011 gründete er die Nucleonica GmbH als Spin-off der Europäischen Gemeinschaft.



**Gerda Pfennig** erhielt ihre Ausbildung als Chemotechnikerin an der Fachschule Fresenius, Wiesbaden. 1956 trat sie in die Gruppe Radiochemie der Kernreaktor Bau- und Betriebsgesellschaft ein. Seit dieser Zeit arbeitet sie bis heute kontinuierlich an der Karlsruher Nuklidkarte, um sie immer wieder auf dem neuesten Datenstand zu halten.



**Raymond Dreher** studierte Physik am Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Er arbeitete zuerst in der Universität Karlsruhe, dann in einer Software Firma. R. Dreher verstärkte vor einigen Jahren das Nucleonica Team am ITU und ist nun bei der neu gegründeten Nucleonica GmbH tätig.



**Zsolt Solti** studierte Mathematik und Computerwissenschaft. Er arbeitete als Wissenschaftler an Medizinischen Universitäten in Ungarn und in Deutschland, wo er promovierte. Er hat über 15 Jahre lang Computerprogramme und Methoden für radiologische Diagnostik und Nuklearmedizin entwickelt. 2009 wechselte er zum Institut für Transurane in Karlsruhe und arbeitet an der Karlsruher Nuklidkarte.

Schon die 3. Auflage von 1968 enthielt Erläuterungen in vier Sprachen (Deutsch, Englisch, Französisch, Spanisch), 2006 kamen noch Russisch und Chinesisch hinzu. Die erste Nuklidkarte von 1958 enthielt 267 stabile, über 1030 instabile Nuklide und 220 Isomere der damals bekannten 102 chemischen Elemente. Im Vergleich dazu gibt die neueste Auflage von 2006 Daten zu 2962 experimentell

beobachteten Nukliden und 652 Isomeren von 118 Elementen wieder.

### Die Zukunft der Karlsruher Nuklidkarte

Durch einen Lizenzvertrag mit der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission, Institut für Transurane, wurde Anfang 2011 die spin-off Nucleonica

GmbH gegründet. Eine Aufgabe dieser Firma ist es, das nuklearwissenschaftliche Webportal NUCLEONICA zu pflegen und auf dem neuesten wissenschaftlichen Stand zu halten (siehe Kasten). Eine weitere Aufgabe besteht darin, die Karlsruher Nuklidkarte weiterzuentwickeln und zu vertreiben.

Bereits heute wird mit Hochdruck an der zukünftigen 8. Auflage gearbeitet. Es



gibt viel zu tun – allein im letzten Jahr wurden über 100 neue Nuklide mit neuesten experimentellen Methoden in verschiedenen Labors weltweit entdeckt (z.B. Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia; GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt, Deutschland; Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California; Nishina Center for Accelerator-based Science, RIKEN, Wako, Japan – siehe beispielsweise den Beitrag aus labor&more 4, 42–44).

Das Nucleonica-Team muss diese Daten sammeln, auswerten und in die Karlsruher Nuklidkarte integrieren.

Heute ist die Karlsruher Nuklidkarte in Form einer Wandkarte (0,96m x 1,36m) und als Broschüre mit Faltkarte (A4 Format) erhältlich. Dies bleibt auch in Zukunft so. Darüber hinaus wird es eine Auditorium-Karte, z.B. für den Hörsaal, geben. Eine Innovation ist auch die geplante elektronische Version, die dann im Wissenschaftsportal NUCLEONICA zur Verfügung stehen wird. Die Schatzinsel des Universums wird also kontinuierlich weiterwachsen.

→ [joseph.magill@nucleonica.com](mailto:joseph.magill@nucleonica.com)

## NUCLEONICA – Nuklearwissenschaft im Web

Während der letzten Jahre wurde im Karlsruher Institut für Transurane ein innovatives und vielseitig nutzbares wissenschaftliches Arbeitsinstrument entwickelt: das Webportal NUCLEONICA, das Spezialisten in Wissenschaft und Industrie mittels modernster integrierter Webanwendungen (cloud computing) Zugang zu allen wichtigen Informationen und Daten verschafft. Interaktive Online-Nuklidkarten, Anwendungsmodule zur Berechnung von Zerfall, Dosimetrie und Abschirmung sind nur wenige Beispiele des vielseitigen Leistungsspektrums. Aktuelle Nachrichten und neueste Erkenntnisse aus der Nuklearforschung stehen für den Nutzer bereit. Darüber hinaus werden für interessierte Anwender Trainingskurse für die effektive Nutzung von NUCLEONICA organisiert. Der Physiker Dr. Joseph Magill, Begründer von NUCLEONICA, bietet auch wissenschaftliches consulting und Auftragsforschung an. Ein besonderes Anliegen ist es ihm, dem wissenschaftlichen Nachwuchs nukleares Wissen zu erhalten.

→ [www.nucleonica.com](http://www.nucleonica.com)

